

Recd

JUN 2004

PCT/JP2004/011625

31.08.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

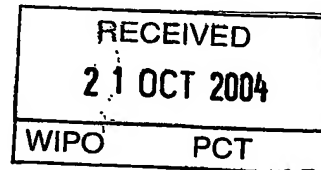
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 8月13日

出願番号  
Application Number: 特願2003-293141  
[ST. 10/C]: [JP2003-293141]

出願人  
Applicant(s): 日本電信電話株式会社

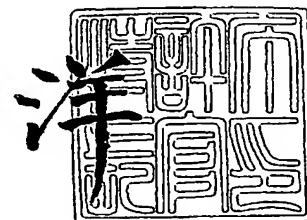


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年10月 7日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



出証番号 出証特2004-3090223

【書類名】 特許願  
【整理番号】 NTTH155844  
【提出日】 平成15年 8月13日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G02B 6/20  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 圓佛 晃次  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 加藤 正夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 藤浦 和夫  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 森 淳  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 鹿野 弘二  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 清水 誠  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内  
    【氏名】 栗原 隆  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000004226  
    【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社  
【代理人】  
    【識別番号】 100078499  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 光石 俊郎  
    【電話番号】 03-3583-7058  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100102945  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 田中 康幸  
    【電話番号】 03-3583-7058  
【選任した代理人】  
    【識別番号】 100120673  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 松元 洋  
    【電話番号】 03-3583-7058  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 020318  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1

特願 2003-293141

ページ： 2/E

【物件名】

図面 1

【物件名】

要約書 1

出証特 2004-3090223

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

光ファイバ通信または光デバイスで用いる光を伝搬する光ファイバであって、前記光ファイバがテルライトガラスからなり、該光ファイバの中心に光を閉じ込めるように該光ファイバ内に孔を配列したことを特徴とする光ファイバ。

**【請求項 2】**

前記光ファイバの中心に前記光の波長の数倍程度の大きさからなる領域を設け、該領域を除く該光ファイバの断面における全域あるいは該領域を囲む位置に前記孔を配列したことにより、該領域が光を閉じ込めるコアとなることを特徴とする請求項 1 に記載の光ファイバ。

**【請求項 3】**

前記領域にテルライトガラスより屈折率が高い材料を埋め込んだことを特徴とする請求項 2 に記載の光ファイバ。

**【請求項 4】**

前記孔にテルライトガラスの有する屈折率より低い屈折率の材料を埋め込んだことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の光ファイバ。

**【請求項 5】**

前記孔を三角格子状または四角格子状またはハニカム形状の何れかの形状に配列したことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の光ファイバ。

**【請求項 6】**

前記孔が円柱または楕円柱または多角柱の何れかの形状からなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れかに記載の光ファイバ。

**【請求項 7】**

波長  $1.3 \mu\text{m}$  から  $1.6 \mu\text{m}$  に零分散を有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れかに記載の光ファイバ。

## 【書類名】明細書

## 【発明の名称】光ファイバ

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、光ファイバに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、テルライトEDFA (EDFA: Erbium-Doped Fiber Amplifier、エルビウム添加光ファイバ増幅器) を光通信分野に応用するための技術開発が進められている。テルライトとは、 $\text{TeO}_2$  を主成分とするテルライト系ガラスである。テルライトEDFAは、テルライト系ガラスにエルビウムを添加してなるテルライト製エルビウム添加光ファイバからなり、この光ファイバ内を数十m導波させることにより光を増幅させる増幅器である。このテルライトEDFAを用いると、従来の石英系EDFAやフッ化物EDFAにより増幅することができる $1.53\mu\text{m}$ から $1.56\mu\text{m}$ までの波長帯域よりも2倍以上広い $1.53\mu\text{m}$ から $1.61\mu\text{m}$ までの波長帯域を一括で増幅することができるようになる(非特許文献1参照)。さらに、このテルライトEDFAを用いることにより、 $1.6\mu\text{m}$ 帯の波長での増幅器を製造することができるようになる(非特許文献2参照)。従って、将来の超大容量WDM (Wavelength Division Multiplexing、波長多重) システム用EDFAとして注目されている。

## 【0003】

図10に示すように、従来のテルライトガラスからなる光増幅器用の光ファイバ100の断面は、中心に円形状のコア101と、その周りを同心円状に覆うクラッド102と、さらにその周りを同心円状に覆うジャケット103とからなる。図11には、この光ファイバ100の屈折率分布を示す。ここで、コア101の屈折率とクラッド102の屈折率との差を $\Delta 1$ とし、コア101の屈折率とジャケット103の屈折率との差を $\Delta 3$ とし、クラッド102の屈折率とジャケット103の屈折率の差を $\Delta 2$ とすると、 $\Delta 1$ は $\Delta 2$ および $\Delta 3$ より大きいので、コア101に光が強く閉じ込められる。

このような光ファイバ100では、コア101に添加物などを加えて、コア101の屈折率がクラッド102の屈折率より大きくなる。そのため、コア101とクラッド102との境界面で光が全反射して、コア101の中を光が伝搬する。また、コア101の屈折率およびコア101の直径を変化させることにより、ある程度分散を制御することができる。しかし、コアの直径を大きくすると単一モード条件が満たされなくなり、複数のモードが存在する多モード光ファイバとなり伝送特性が劣化してしまう。逆にコアの直径を小さくすると他のデバイスとの接続の整合が取れなくなってしまう。以上のような理由から分散の制御範囲を広く取ることができない。

## 【0004】

ところで、テルライトガラスが有する3次非線形性は大きい(非特許文献3参照)ため、パルス圧縮、光パラメトリック増幅(OPA)、第3高長波発生(THG)などにテルライトガラスを応用することが期待されている。なお、テルライトガラスの材料分散値が零となる波長は $2\mu\text{m}$ よりも長波長帯に位置する。

## 【0005】

ここで、光増幅器用に使用する高NA (Numerical Aperture: 開口数) ファイバの $1.55\mu\text{m}$ 帯における波長分散値は、通常、 $-100\text{ps/km/nm}$ 以下の値である。そのため、光ファイバを10m程度の短尺で用いたときでも、波長分散値は $-1\text{ps/nm}$ 以下の大きな値となってしまう。

## 【0006】

また、光ファイバを長距離で使用したり、高速波長多重伝送で使用したりするためには、この光ファイバの波長分散値をできるだけ零に近づける必要がある。ところが、テルライトガラスからなる光ファイバの零分散の波長は、上述したように、 $2\mu\text{m}$ 以上の波長帯であり、石英ファイバで用いられる構造分散による最適化の手法を用いても、テルライト

ガラスからなる光ファイバでは $1.55\mu\text{m}$ 帯で波長分散値が零にならない。

【0007】

このため、テルライトガラスが有する高い非線形性を利用し、現在の光ファイバ通信波長帯で上述した応用を実現することが困難であった。

【0008】

一方、現在フォトニッククリスタルファイバ（以下、PCFと略す）、ホーリファイバ（以下、HFと略す）と呼ばれる主として石英ガラスを用い、意図的に空孔を導入した光ファイバが報告されている。

【0009】

PCF或いはHFは、導波原理により2つに分類される。1つはフォトニックバンドギャップにより光が閉じ込められるフォトニックバンドギャップ型PCFである。このPCFは、周期的な空孔配置と均一な空孔サイズとを有する構造である。もう一つは空孔を有した媒質の実効的な屈折率から得られる全反射により光を閉じ込める屈折率導波型PCFである。このPCFは、周期的な空孔配置と均一な空孔サイズとを必ずしも有しない構造である。

【0010】

このPCFあるいはHFでは、従来の光ファイバに比べて一桁以上屈折率を大きくでき、大きな構造分散を得ることができる。この構造分散により、石英からなるPCFあるいはHFでは、零分散波長が短波長側にシフトする。M.J.Ganderらは非特許文献4において、空孔を設けないコア部分と、空孔を六角形に配列したクラッド部分とを具えた石英ガラスから成る光ファイバの分散特性を実験により測定した結果を開示した。これによれば、 $813\text{nm}$ 帯における分散値は約 $-77\text{ps/km/nm}$ であった。また、Birksらは非特許文献5において、単一材料からなる光ファイバ、即ちPCFの分散を算出し、PCFの分散補償効果を唱えている。このように、PCF構造あるいはHF構造は、テルライトガラス製光ファイバの分散補償方法の一つとして期待されている。

【0011】

本発明者らは、テルライトガラスを用いた光ファイバをPCF構造またはHF構造にすることにより、上述の課題を解決することができることを見出した。即ち、光が導波することを見出し、さらに、孔の大きさ及び形状、並びに隣接した孔同士の間隔により零分散波長を光通信波長帯内で制御することができることを見出した。

【0012】

【非特許文献1】A.Mori, Y.Ohishi, M.Yamada, H.Ono, Y.Nishida, K.Oikawa, and S.Sudo, "1.5 $\mu\text{m}$  broadband amplification by tellurite-based DFAs," in OFC' 97, 1997, Paper PD1.

【非特許文献2】A.Mori, Y.Ohishi, M.Yamada, H.Ono and S.Sudo, "Broadband amplification characteristics of tellurite-based EDFAs," in ECOC' 97, vol.3, 1997, Paper We2C.4, pp.135-138

【非特許文献3】S.Kim, T.Yoko and S.Sakka, "Linear and Nonlinear Optical Properties of TeO<sub>2</sub> Glass," J. Am. Ceram. Soc., 1993, vol.76, no. 10, p. 2486-2490

【非特許文献4】M.J.Gander, R.McBride, J.D.C.Jones, D.Mogilevtsev, T.A.Birks, J.C.Knight, and P.St.J.Russell, "Experimental measurement of group velocity dispersion in photonic crystal fibre," Electron.Lett., Jan.1999, vol.35, no.1, pp.63-64

【非特許文献5】T.A.Birks, D.Mogilevtsev, J.C.Knight, P.St.J.Russell, "Dispersion compensation using single-material fibers," Opt.Lett.22,1997, pp.961-963

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の課題は、材料分散の影響を避けることができ、且つ非線形性を利用した光信号処理などに大きな効果をもたらす光ファイバを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上述した課題を解決する第1の発明に係る光ファイバは、光ファイバ通信または光デバイスで用いる光を伝搬する光ファイバであって、前記光ファイバがテルライトガラスからなり、該光ファイバの中心に光を閉じ込めるように該光ファイバ内に孔を配列したことを特徴とする。

【0015】

上述した課題を解決する第2の発明は、第1の発明に係る光ファイバにおいて、前記光ファイバの中心に前記光の波長の数倍程度の大きさからなる領域を設け、該領域を除く該光ファイバの断面における全域あるいは該領域を囲む位置に前記孔を配列したことにより、該領域が光を閉じ込めるコアとなることを特徴とする。

【0016】

上述した課題を解決する第3の発明は、第2の発明に係る光ファイバにおいて、前記領域にテルライトガラスより屈折率が高い材料を埋め込んだことを特徴とする。

【0017】

上述した課題を解決する第4の発明は、第1乃至第3の発明の何れかに係る光ファイバにおいて、前記孔にテルライトガラスの有する屈折率より低い屈折率の材料を埋め込んだことを特徴とする。

【0018】

上述した課題を解決する第5の発明は、第1乃至第4の発明の何れかに係る光ファイバにおいて、前記孔を三角格子状または四角格子状またはハニカム形状の何れかの形状に配列したことを特徴とする。

【0019】

上述した課題を解決する第6の発明は、第1乃至第5の発明の何れかに係る光ファイバにおいて、前記孔が円柱または楕円柱または多角柱の何れかの形状からなることを特徴とする。

【0020】

上述した課題を解決する第7の発明は、第1乃至第6の発明の何れかに係る光ファイバにおいて、波長 $1.3\mu\text{m}$ から $1.6\mu\text{m}$ に零分散を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0021】

第1の発明に係る光ファイバによれば、光ファイバ通信または光デバイスで用いる光を伝搬する光ファイバであって、前記光ファイバがテルライトガラスからなり、該光ファイバの中心に光を閉じ込めるように該光ファイバ内に孔を配列したことにより、光ファイバの中心を光が伝搬する。したがって、効果的に高次モードを抑制することができる。

【0022】

第2の発明に係る光ファイバによれば、第1の発明において、前記光ファイバの中心に前記光の波長の数倍程度の大きさからなる領域を設け、該領域を除く該光ファイバの断面における全域あるいは該領域を囲む位置に前記孔を配列したことにより、この領域からなるコアに光が閉じ込められ、光ファイバのコア内を光が伝搬する。したがって、効果的に高次モードを抑制することができる。

【0023】

第3の発明に係る光ファイバによれば、第2の発明において、前記領域にテルライトガラスより屈折率が高い材料を埋め込んだことにより、該領域に埋め込まれたテルライトガラスより屈折率が高い材料とテルライトガラスとで形成される境界面で該領域を伝搬する光が全反射し、光ファイバのコア内を光が伝搬するので、光の伝送損失が低減される。

【0024】

第4の発明に係る光ファイバによれば、第1乃至第3の何れかの発明において、前記孔

にテルライトガラスの有する屈折率より低い屈折率の材料を埋め込んだことにより、光ファイバ全体の機械的強度が向上する。さらに、光ファイバの母材であるプリフォームから光ファイバを線引きする工程において、孔に空気を充填したときより、孔の形状を一定に保ちやすくなり、製造品質が向上する。また、孔に空気を充填するときに比べて、光の散乱損失を低減することができる。

#### 【0025】

第5の発明に係る光ファイバによれば、第1乃至第4の発明の何れかに係る光ファイバにおいて、前記孔を三角格子状または四角格子状またはハニカム形状の何れかの形状に配列したことにより、孔で囲まれてなる前記コアに光が集中し、コア内を光が伝搬する。したがって、光ファイバを高精度で製造する必要がないので、製造コストを抑えることができる。

#### 【0026】

第6の発明に係る光ファイバによれば、第1乃至第5の何れかの発明において、前記孔が円柱または楕円柱または多角柱の何れかの形状からなることにより、前記コアに光が集中し、コア内を光が伝搬する。したがって、光ファイバを高精度で製造する必要がないので、製造コストを抑えることができる。

#### 【0027】

第7の発明に係る光ファイバによれば、第1乃至第6の何れかの発明において、波長1.3  $\mu\text{m}$  から1.6  $\mu\text{m}$  に零分散を有することにより、前記光ファイバの零分散を任意の波長1.3  $\mu\text{m}$  から1.6  $\mu\text{m}$  に調整することができるようになり、1.6  $\mu\text{m}$  波長帯での増幅器を製造することができる。そのうえ、長距離で使用したり、高速多重伝送で使用したりすることができる。したがって、光ファイバの利用性が向上する。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0028】

本発明に係る光ファイバの実施形態として、実施例を用いて説明するが、本発明は下記実施例に限定されるものではない。さらに、下記実施例はフォトニックバンドギャップ構造を導波原理の基本とした光ファイバであるが、コア・クラッドの実行屈折率差による全反射構造も同時に具備されている。そのため、光ファイバにはフォトニックバンドギャップ条件や周期性・均一性を必ずしも厳密に必要としない。

#### 【実施例1】

#### 【0029】

本発明の第1の実施例に係る光ファイバの断面を図1に示す。図1に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ10は、多数の円形状の孔11を有する。これらの孔11の中は、空気で満たされている。これらの孔11における光の屈折率は、真空における光の屈折率である1にほぼ等しい。

#### 【0030】

孔11の配列は、該光ファイバ10の直径方向の断面において、規則的（周期的）に隣接するように配置される多数の三角形の各頂点からなる三角格子状の配列である。これらの孔11は、光ファイバ10の長手方向に同一構造を有する。つまり、孔11は三次元的に配列されるフォトニックバンドギャップではなく、長手方向に均一に配置される。したがって、この光ファイバの断面は、光ファイバ10の作成プロセスによる形状の揺らぎ（歪み）を無視すれば、光ファイバ10の長手方向に亘って同じ構造であり、光ファイバ10の長手方向に直交するまたは斜交するように孔が配置される構造は存在しない。つまり、光ファイバ10に配置される孔11は該光ファイバ10の長手方向に連続して延在し、長手方向の何れの箇所でも切断しても同一の切断面となる。

#### 【0031】

ただし、光ファイバ10の中心において、孔11の配列は周期性を欠いている。周期性を欠いて配列される孔11で囲まれる領域は、光の波長の数倍程度の大きさである。この領域は光が集中するコア12となり、該領域から該光ファイバ10の半径方向には光が伝搬しない。即ち、光ファイバ10は、孔11が周期的に配列されてなる回折格子を有する



フォトリソニックバンドギャップ構造である。つまり、光ファイバ10は、光ファイバ10の中心にコア12と、コア12の周りに周期的に配列される孔11からなるクラッド13とを有する。なお、隣接する孔同士の間隔を変えることにより、周期性を欠いて配列される孔11で囲まれる領域、即ちコア12の直径を変えることができる。

#### 【0032】

隣接する孔同士の間隔を $\Delta$ 、孔の直径を $d$ とする。光ファイバ10において、零分散となる領域は、図2に示すように、 $(\Delta, d)$ が $(0, 0)$ と $(5, 5)$ とを結んでなる直線と、 $(\Delta, d)$ が $(2, 0)$ と $(5, 4)$ とを結んでなる直線とで囲まれる領域Bとなる。点Aは、 $(\Delta, d)$ が $(2.3, 2.0)$ であり、零分散となる領域である領域B内にある。

なお、テルライトガラスの材料の組成が変わると、分散が零となる波長が $1.3\mu\text{m}$ から $1.6\mu\text{m}$ の範囲内で変化する。このとき、隣接する孔同士の間隔 $\Delta$ 及び孔の直径 $d$ の範囲も変化するが、概ね図2に示した領域B内になる。

#### 【0033】

図3には、図2における点A、即ち隣接する孔の間隔 $\Delta$ が $2.3\mu\text{m}$ であり、孔の直径 $d$ が $2.0\mu\text{m}$ である光ファイバ10による波長分散特性が示される。図3に示すように、このような光ファイバ10では、波長 $1.56\mu\text{m}$ で零分散となる。また、この光ファイバ10を数値計算法の一つである差分法を用いて求めた光ファイバ10のコア周辺における光電界分布を図4に示す。なお、実線は、電界変化が10%毎の等高線である。図4に示すように、通常の光ファイバと同様に、この光ファイバ10のコア12に光が閉じ込められる構造となっている。

#### 【0034】

よって、このような光ファイバ10によれば、光はフォトリソニックバンドギャップあるいは全反射作用によりコア12に閉じ込められ、効果的に高次モードを抑制することができ、コア12の直径を拡大しても単一モード条件を維持することができるようになる。

#### 【実施例2】

#### 【0035】

本発明の第2の実施例に係る光ファイバの断面を図5に示す。図5に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ20は、上記実施例1と同様に、三角格子状、即ち周期的に配列される多数の円形状の孔21からなるクラッド23を有する。ただし、光ファイバ20の中心において、孔21の配列は周期性を欠いている。光ファイバ20の中心において、光の波長の数倍程度の大きさからなる領域にテルライトガラスよりも屈折率が $\Delta n$ だけ高いテルライトガラスを埋め込み、該領域を光が伝搬するコア22としたものである。なお、これらの孔21の中は空気を満たされている。これらの孔における光の屈折率は、真空における光の屈折率である1にほぼ等しい。この光ファイバ20は屈折率の高いテルライトガラスからなるコア22に光が比較的強く閉じ込められるため、伝送損失が小さい。

したがって、この光ファイバ20によれば、単一モードで光を伝搬することができると共に、伝送損失を低減することができる。

#### 【実施例3】

#### 【0036】

本発明の第3の実施例に係る光ファイバ断面を図6に示す。図6に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ30は、上記実施例1と同様に、三角格子状、即ち周期的に配列される多数の円形状の孔31を有する。ただし、光ファイバ30の中心において、孔31の配列は周期性を欠いている。また、孔31にはテルライトガラスよりも屈折率が $\Delta n$ だけ低いガラス材料が埋め込まれる。孔31は周期的に配列されるので、光を全反射するクラッド33となり、周期性を欠いて配列される孔31で囲まれる領域は、光が導波するコア32となる。この領域は、光の波長の数倍程度の大きさである。

#### 【0037】

したがって、この光ファイバ30によれば、フォトリソニックギャップを構成する孔31に

テルライトガラスより低い屈折率の材料が充填されているため、光ファイバ全体の機械的強度が大きくなる。さらに、光ファイバ30の母材であるプリフォームから光ファイバ30を線引きする工程において、孔31に空気を充填したときより、孔31の形状を一定に保ちやすく、製造品質が向上する。また、孔31に空気を充填してなる光ファイバに比べて、光の散乱損失を低減することができる。

#### 【実施例4】

##### 【0038】

本発明の第4の実施例に係る光ファイバを図7に示す。図7に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ40は、上記実施例3に説明した光ファイバ30の有する孔31の配列状態を変形したものである。光ファイバ40における孔41の配列は、光ファイバ40の直径方向の断面において、規則的（周期的）に隣接するように配置される多数の四角形の頂点からなる四角格子状の配列である。ただし、光ファイバ40の中心において、孔41の配列は周期性を欠いている。孔41は周期的に配列されるので、光を全反射するクラッド43となり、周期性を欠いて配列される孔41で囲まれる領域は、光が導波するコア42となる。この領域は光の波長の数倍程度の大きさである。なお、孔41には、テルライトガラスより屈折率の低い材料が充填されている。

したがって、この光ファイバ40によれば、上記実施例3で説明した光ファイバ30と同様の作用効果を奏する。

なお、孔41に空気を充填した空孔としても良く、コア42に光が閉じ込められ、効果的に高次モードを抑制することができ、コア42の直径を拡大しても単一モード条件を維持することができるようになる。

#### 【実施例5】

##### 【0039】

本発明の第5の実施例に係る光ファイバを図8に示す。図8に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ50は、上記実施例4に説明した光ファイバ40の有する孔41の配列状態を変形したものである。光ファイバ50における孔51は、光ファイバ50の直径方向の断面において、規則的（周期的）に隣接するように配置される六角形（ハニカム）の各頂点に配列される。ただし、光ファイバ50の中心において、孔51の配列は周期性を欠いている。孔51は周期的に配列されるので、光を全反射するクラッド53となり、周期性を欠いて配列される孔51で囲まれる領域は、光が導波するコア52となる。この領域は光の波長の数倍程度の大きさである。なお、孔51には、テルライトガラスより屈折率の低い材料が充填されている。

したがって、この光ファイバ50によれば、上記実施例4で説明した光ファイバ40と同様の作用効果を奏する。

なお、孔51に空気を充填した空孔としても良く、コア52に光が閉じ込められ、効果的に高次モードを抑制することができ、コア52の直径を拡大しても単一モード条件を維持することができるようになる。

#### 【実施例6】

##### 【0040】

本発明の第6の実施例に係る光ファイバを図9に示す。図9に示すように、テルライトガラスからなる光ファイバ60は、上記実施例3に説明した光ファイバ30に配列される孔31の形状を変形したものである。光ファイバ60では、該光ファイバ60の長手方向に直行する断面において、孔61の形状が六角形である。光ファイバ60では、多数の孔61が三角格子状、即ち周期的に配列される。ただし、光ファイバ60の中心において、孔61の配列が周期性を欠いている。孔61は周期的に配列されるので、光を全反射するクラッド63となり、周期性を欠いて配列される孔61で囲まれる領域は、光が導波するコア62となる。この領域は光の波長の数倍程度の大きさである。なお、孔61には、テルライトガラスより屈折率の低い材料が充填されている。

したがって、この光ファイバ60によれば、上記実施例3で説明した光ファイバ30と同様の作用効果を奏する。

なお、孔 61 に空気を充填した空孔としても良く、コア 62 に光が閉じ込められ、効果的に高次モードを抑制することができ、コア 62 の直径を拡大しても単一モード条件を維持することができるようになる。

【0041】

なお、フォトニックバンドギャップを構成するフォトニック結晶の回折格子をなす孔の配列は、光ファイバのコアの中心から半径方向に光が伝搬しないようにコア内に閉じ込めることができ、周期的、即ち規則的な格子状の配置であれば、特に限定されない。

【0042】

また、孔の形状は、円柱（円形状の孔）に限定されることはなく、三角柱（三角形状の孔）、四角柱（四角形状の孔）、六角柱（六角形状の孔）などの形状としても良く、いずれの形状でもフォトニックバンドギャップによる導波構造を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図 1】 本発明の第 1 の実施例に係る光ファイバの断面図である。

【図 2】 本発明の第 1 の実施例に係る光ファイバにおいて、零分散領域を示すグラフである。

【図 3】 本発明の第 1 の実施例に係る光ファイバによる波長分散特性を示すグラフである。

【図 4】 本発明の第 1 の実施例に係る光ファイバにおけるコア周辺の電界状態を示す電解分布図である。

【図 5】 本発明の第 2 の実施例に係る光ファイバの断面図である。

【図 6】 本発明の第 3 の実施例に係る光ファイバの断面図である。

【図 7】 本発明の第 4 の実施例に係る光ファイバのコア周辺の断面図である。

【図 8】 本発明の第 5 の実施例に係る光ファイバのコア周辺の断面図である。

【図 9】 本発明の第 6 の実施例に係る光ファイバのコア周辺の断面図である。

【図 10】 従来のテルライトガラス光ファイバを示す断面図である。

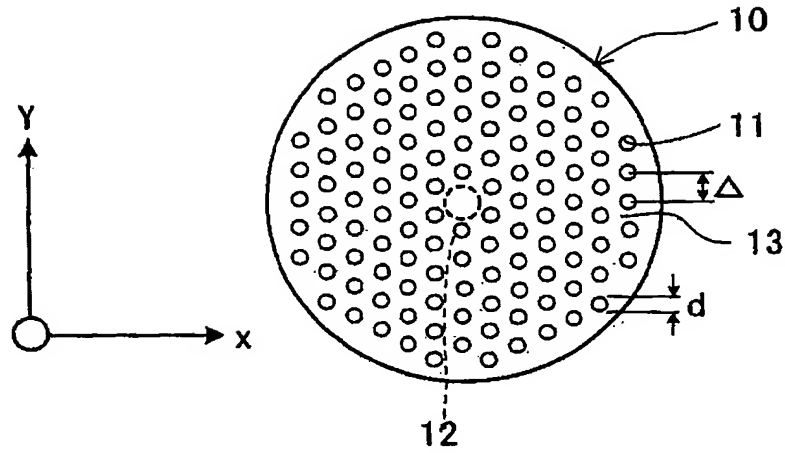
【図 11】 図 10 に示した光ファイバの屈折分布図である。

【符号の説明】

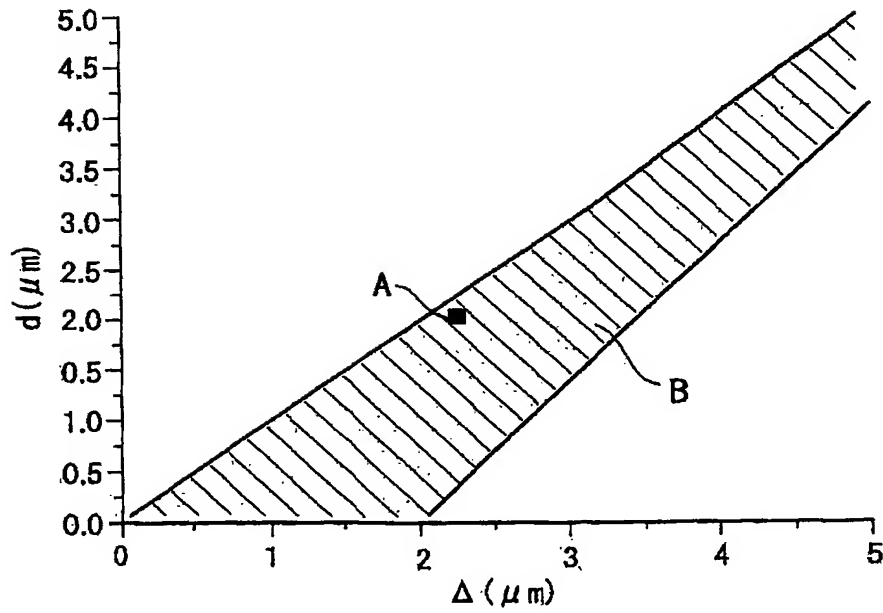
【0044】

- |    |       |
|----|-------|
| 10 | 光ファイバ |
| 11 | 孔     |
| 12 | コア    |
| 13 | クラッド  |

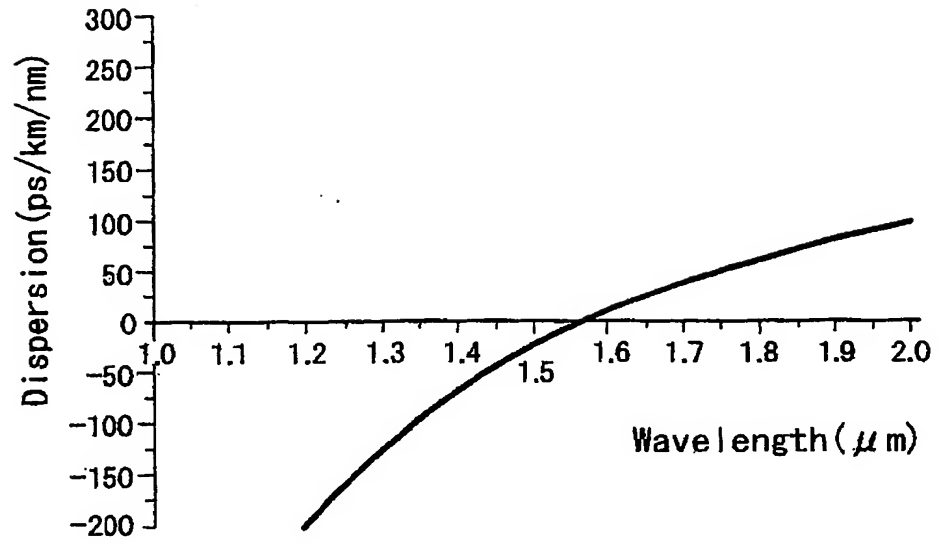
【書類名】 図面  
【図 1】



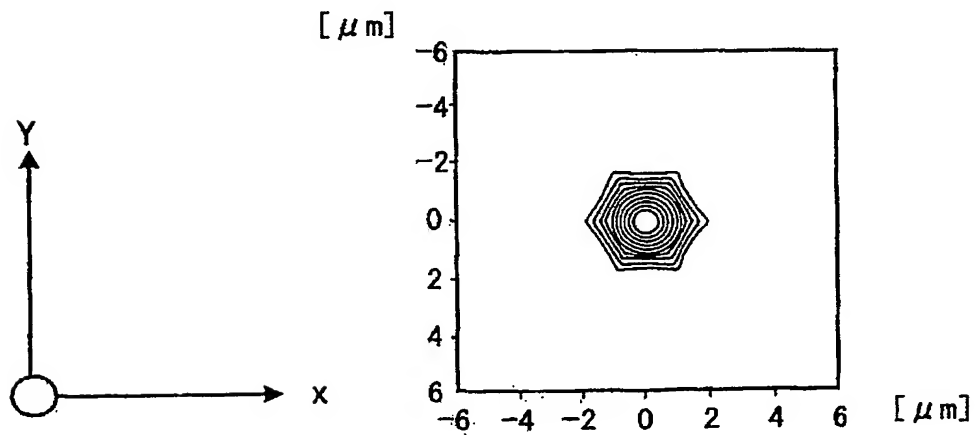
【図 2】



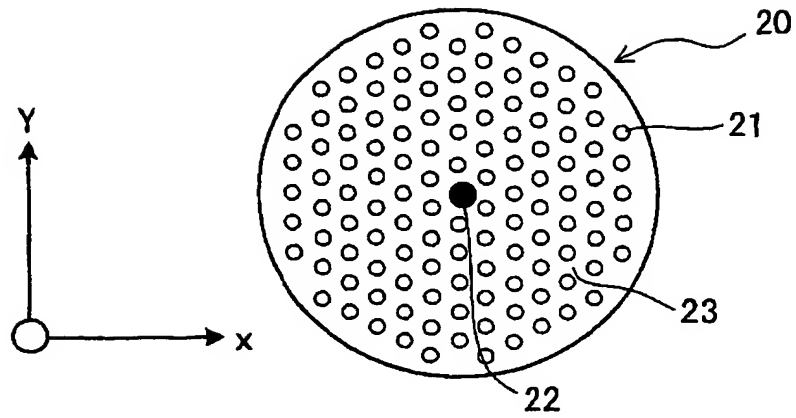
【図 3】



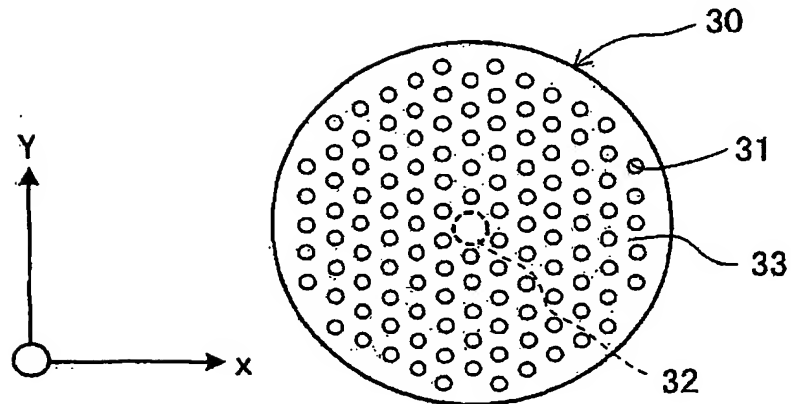
【図 4】



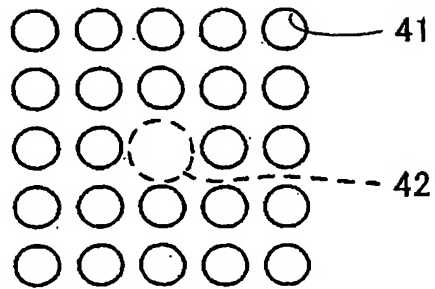
【図 5】



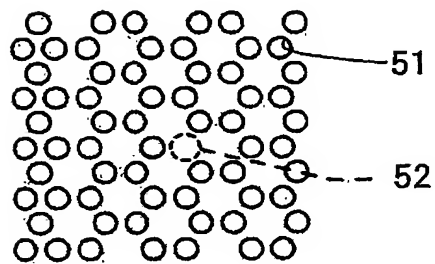
【図 6】



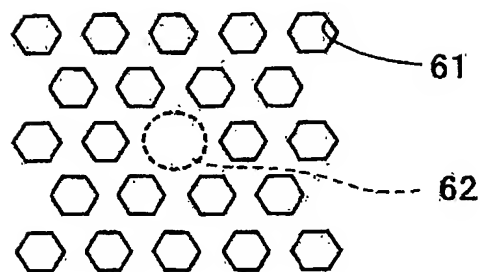
【図 7】



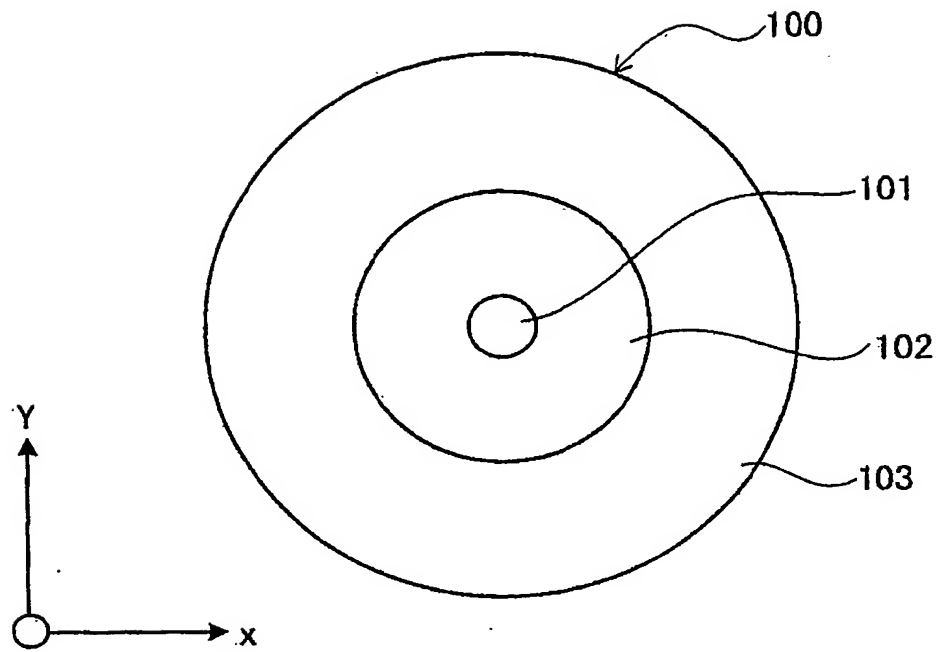
【図 8】



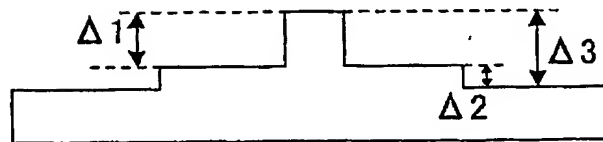
【図 9】



【図 10】



【図 11】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 材料分散の影響を避けることができ、且つ非線形性を利用した光ファイバを提供する。

【解決手段】 光ファイバ通信または光デバイスで用いる光を伝搬する光ファイバ10であって、光ファイバ10がテルライトガラスからなり、光ファイバ10の中心に前記光の波長の数倍程度からなる領域を設け、該領域を除く該光ファイバ10の断面における全域あるいは該領域を囲む位置に孔11を配列することにより、該領域が光を閉じ込めるコア12となるようにした。

【選択図】 図1

特願 2003-293141

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000004226]

1. 変更年月日

1999年 7月15日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

氏 名

日本電信電話株式会社